

氏 名 水戸岡 豊

授与した学位 博士

専攻分野の名称 工学

学位授与番号 博甲第4140号

学位授与の日付 平成22年 3月25日

学位授与の要件 自然科学研究科 機能分子化学専攻

(学位規則第5条第1項該当)

学位論文の題目 レーザ光による熱加工プロセスの高効率化・高品質化に関する研究

論文審査委員 教授 高田 潤 教授 岸本 昭 准教授 藤井 達生

### 学位論文内容の要旨

近年、機械的エネルギーおよび熱的エネルギーを加工原理とはしない特殊加工法が開発され、実用化されている。その中でも、レーザ加工の発展は凄まじく、現在ではレーザ加工が導入されていない産業分野がないといわれるほどに成長活躍している。

レーザ加工の特長としては、加工方法、被加工物、加工空間および加工形状に対してのフレキシビリティが高いことが挙げられる。レーザ加工は、生産性の向上・低コスト化と高付加価値化により、従来加工技術を置換し、あらゆる加工現場で活躍している。

一方、近年では地球温暖化や化石エネルギー資源の枯渇が問題視されている。地球温暖化の影響要因としては、人為的な温室効果ガスの放出、なかでも二酸化炭素やメタンの影響が大きいとされる。種々の地球温暖化要因のうちで、唯一人為的制御が可能なものは、温室効果ガスの削減である。このような背景から、ものづくりにおいては、製品だけでなく、加工技術そのものにも省エネルギー効果が求められている。

本研究は、省エネルギー化を目的としたレーザ加工技術を利用した高効率かつ高品質の熱加工プロセスの開発である。一つは、レーザ溶着法の高度化およびプラスチック-異種材料接合の実現を目的としたインサート材を用いたレーザ接合プロセスの開発である。もう一つは、代替はんだめっきプロセスとしてのレーザ合金化法の適用である。

レーザ溶着法の高度化については、熱可塑性エラストマーからなるインサート材を用いることで、透過材同士の接合が可能となった。また、開発法では、従来法よりも均質で接合面積が広い接合界面が形成可能となった。さらに、従来法と比較して、開発法では、許容されるレーザ照射条件の緩和、気密性の向上、せん断試験時の最大荷重の増加等が確認され、これらの効果によって走査回数（距離）の減少、走査速度の高速化等、生産性の向上が期待できる。

プラスチック-異種材料接合の実現については、熱可塑性エラストマーからなるインサート材を用いることで、従来法では困難であった異種プラスチック間接合およびに成功した。また、未変性および COOH 変性の 2 種類のエラストマーをインサート材として用いて種々のプラスチックの接合性を比較することで、エラストマー-プラスチック間の接合メカニズムを明らかにした。さらに、従来法で困難であった無極性のプラスチックと金属との接合にも成功した。また、アルミニウム合金に対して、研磨および溶液処理を行うことで、アルミニウム合金の表面形状および表面化学状態を変化させ、金属表面の影響を明らかにした。

代替はんだめっきプロセスとしてのレーザ合金化法の適用については、レーザ照射により、固-液界面に  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  の層を形成させることで、めっき皮膜-基板界面の  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  による連続的な被覆が可能となった。レーザ照射部からは長時間経過してもウィスカおよび小塊は全く発生せず、レーザ照射によるウィスカ抑制に成功した。レーザ照射では、従来の炉によるめっき皮膜の溶融処理と比較して、入熱が必要な量に抑えられ、めっき皮膜および基板の特性劣化を招くことがない。

以上、インサート材を用いたレーザ接合プロセスの開発により、レーザ溶着法の高度化およびプラスチック-異種材料接合の実現が可能となった。また、レーザ合金化法の適用により、代替はんだめっきプロセスが確立した。これらの結果は、レーザ光を利用した高効率かつ高品質の熱加工プロセスに関して有効な資料を提供するものである。

## 論文審査結果の要旨

本研究は、近年発展が目覚ましいレーザ加工技術を利用した高効率かつ高品質の熱加工プロセスの研究開発である。その内容を大別すると、次の2つのテーマである。第1に、レーザ溶着法の高度化およびプラスチック-異種材料接合の実現を目的としたインサート材を用いたレーザ接合プロセスの研究開発である。第2は、代替はんだめっきプロセスとしてのレーザ合金化法の研究開発である。

主な結果を要約すると以下の通りである。

- (1) 熱可塑性ポリマー・インサート材を用いたレーザ溶着法を考案し、透過材同士の接合を可能とし、溶着後の材料の特性の向上を実証して、生産性の向上の可能性を示した。
- (2) プラスチック-異種材料接合についても、熱可塑性ポリマー・インサート材を用いることによって、従来では困難であった異種プラスチック間およびプラスチック-金属間の接合に成功した。更に、これらの接合メカニズムについても明らかにした。
- (3) 代替はんだめっきプロセスとしてレーザ合金化法を考案した。このレーザ加工法によれば、従来問題となっていたウイスキーの形成を抑制可能であること、および特性の格段の改善することを実験的に明らかにした。

同氏の成果は、8編の論文として掲載されている。このうち6編は同氏が第1著者である。加えて、関連特許は10件に達する。

以上の研究成果は、学術上ばかりでなく産業上も寄与は大きく、高く評価される。よって、同氏の本論文は学位（博士）論文として十分に値すると判断する。